



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Übersetzung der
europäischen Patentschrift
97 EP 1 008 005 B 1
10 DE 697 08 334 T 2

51 Int. Cl.⁷:
G 02 B 21/22
G 02 B 23/10

21 Deutsches Aktenzeichen: 697 08 334.9
86 PCT-Aktenzeichen: PCT/US97/17264
96 Europäisches Aktenzeichen: 97 944 469.2
87 PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 98/13716
86 PCT-Anmeldetag: 26. 9. 1997
87 Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: 2. 4. 1998
97 Erstveröffentlichung durch das EPA: 14. 6. 2000
97 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 14. 11. 2001
47 Veröffentlichungstag im Patentblatt: 23. 5. 2002

30 Unionspriorität:
26822 P 27. 09. 1996 US
73 Patentinhaber:
Leica Microsystems Inc., Depew, N.Y., US
74 Vertreter:
derzeit kein Vertreter bestellt
84 Benannte Vertragsstaaten:
CH, DE, FR, GB, LI

72 Erfinder:
CHANDRA, Subhash, Armonk, US

54 IN SITU OPTISCHES INFORMATIONSSYSTEM

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

DE 697 08 334 T 2

DE 697 08 334 T 2

28.05.01

EP 97 944 469.2-2205
E 0319 DE

5

Optisches in-situ Informationssystem

10 Die Erfindung betrifft ein optisches In-situ-Informationssystem. Insbesondere betrifft die Erfindung ein System, das eine Vielzahl von Informationen (synthetische Objekte) in situ mit dem Sichtfeld eines Betrachters darstellt, der durch ein optisches System blickt, etwa durch ein Mikroskop oder eine andere Art von Betrachtungsvorrichtung mit beliebiger Vergrößerung.

15 Es gibt mehrere Arten herkömmlicher Systeme, die es einem Betrachter ermöglichen, synthetisch erzeugte Bilder zu betrachten. Ein derartiges herkömmliches System ist ein System zur Betrachtung einer virtuellen Wirklichkeit. In derartigen Systemen werden Stereobilder einer Szene vollständig mit Hilfe von Computern synthetisiert (erzeugt) und dann durch einen Betrachter mit einer
20 binokularen Betrachtungsvorrichtung betrachtet. In Systemen zur Betrachtung einer virtuellen Wirklichkeit wird kein Versuch unternommen, die synthetische Sicht auf eine Sicht realer, heller Objekte zu überlagern. Typischerweise werden Systeme zur Betrachtung einer virtuellen Wirklichkeit in einer dunklen Umgebung verwendet, so dass keine sehr hellen synthetischen Bilder benötigt werden.

25

Eine andere Form eines herkömmlichen Systems ist eine Überkopf montierte Anzeige, wie sie von Piloten usw. verwendet wird. In derartigen Systemen sind die Objekte im Sichtfeld des Piloten so weit beabstandet, dass sie keinen wahrnehmbaren Stereoeffekt erzeugen. Das Sichtfeld ist daher im wesentlichen eine
30 zweidimensionale Ebene ohne Tiefenwahrnehmung. Die über der Sicht des Piloten angeordneten synthetischen Bilder brauchen daher keine Tiefenwirkung aufzuweisen.

Eine weitere Form eines herkömmlichen Systems ist eine in ein chirurgisches Mikroskop eingebaute Anzeige. Derartige Systeme werden beispielsweise in US-A-4,202,037 sowie in US-A-4,722,056 beschrieben. US-A-4,202,037 beschreibt ein System zum gleichzeitigen Betrachten (ohne ausgerichtete Überlagerung) von computererzeugter Information in dem Sichtfeld eines chirurgischen Mikroskops. Das binokulare Stereomikroskop nach US-A-4,202,037 dient zum Betrachten eines realen Objekts auf einem Objektträger, der ein Präparat enthält, und zwar in Kombination mit einem Bild eines synthetischen Objekts. US-A-4,722,056 beschreibt ein Verfahren zum Herstellen ausgerichteter Überlagerungen. Dieses Verfahren ist auf Überlagerungen von zweidimensionalen Bildern beschränkt, die nur in der Brennebene des Mikroskops richtig ausgerichtet sind. Im Grundsatz ist das Verfahren nach US-A-4,722,056 mit den Überkopf angeordneten Anzeigen für Piloten vergleichbar und erzeugt lediglich eine monoskopische Sicht.

WO-A-88 04786 beschreibt ein Mikroskop mit optimiertem Bild. Das in WO-A-88 04786 beschriebene, binokulare Stereomikroskop wird zur Darstellung sowohl eines realen als auch eines synthetischen Objekts verwendet, und zwar basierend auf einem tatsächlichen Winkel des realen Objekts in Bezug zum Betrachter, der durch das Mikroskop schaut. Das Mikroskop umfasst eine Beleuchtungseinrichtung, ein Objektiv, ein Vergrößerungsstellglied, Vorrichtungen zur Bildverarbeitung in Echtzeit, Anzeigen, Mischer und Okulare.

US-A-5,307,202 beschreibt eine herkömmliche stereoskopische Vorrichtung in Form eines Stereomikroskops, die die Unterschiede zwischen im wesentlichen identischen Fotografien ermittelt. Das Mikroskop verwendet ein erstes und zweites Objektiv, das von den Objekten reflektiertes Licht aufnimmt.

US-A-4,994,794 beschreibt eine andere herkömmliche Vorrichtung zum Darstellen von Daten mit Hilfe eines binokularen, Überkopf angeordneten Anzeigesystems.

30

WO-A-88 04786 beschreibt eine weitere herkömmliche stereoskopische Vorrichtung, die ein Bild eines Objekts bereitstellt, das durch eine Materialsicht

verdeckt ist, die gegenüber sichtbarem Licht undurchlässig ist, die aber gegenüber nicht sichtbarer, Durchgangsstrahlung im wesentlichen durchlässig ist.

- Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine ausreichende
- 5 Lichtstärke bereitzustellen, um ein synthetisches Bild gegenüber einem hellen, realen Bild betrachten zu können.

- Darüber hinaus liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine stereoskopische Ansicht eines aus einem synthetischen und einem realen Bild
- 10 kombinierten Bildes zu erzeugen.

Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein stereoskopisches, kombiniertes Bild eines dreidimensionalen synthetischen Bildes mit einem dreidimensionalen realen Bild zu erzeugen.

15

- Die vorliegende, nach Anspruch 1 dargelegte Erfindung betrifft eine Vorrichtung, mit der sich computererzeugte Bilder synthetischer, dreidimensionaler Objekte einwandfrei übereinander legen und über den Bildern realer, dreidimensionaler Objekte im Sichtfeld eines Betrachters ausrichten lassen. Die hier beschriebenen
- 20 Ausführungsbeispiele umfassen zudem viele neue Merkmale und Techniken, die gegenüber den herkömmlichen Systemen für ausgerichtete und nicht ausgerichtete Überlagerungen zweidimensionaler sowie dreidimensionaler Objekte eine Verbesserung in Bezug auf Helligkeit, Kontrast, Auflösung, Einstellbarkeit und Betrieb darstellen.

25

- Die erfindungsgemäße Vorrichtung umfasst ein Mittel zum Erzeugen von zwei synthetischen Stereobildern eines dreidimensionalen, synthetischen Objekts, welche dem synthetisch erzeugtem, dreidimensionalen Bild entsprechen. Die Vorrichtung umfasst zudem ein Mittel zum Kombinieren der beiden synthetischen
- 30 Stereobilder mit zwei realen Stereobildern, welche den jeweiligen Bildern des realen Objekts entsprechen, wobei die beiden realen Stereobilder jeweils von zwei Okularen eines Mikroskops erzeugt werden. Diese Vorrichtung bewirkt eine

Überlagerung des synthetisch erzeugten Bildes über den Bildern der realen Objekte in einem dreidimensionalen Raum und nicht nur in einer einzigen Brennebene.

- 5 Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen

- 10 Fig. 1 ein herkömmliches Betrachtungssystem unter Verwendung eines Mikroskops;

Fig. 2 ein herkömmliches Stereobetrachtungssystem unter Verwendung eines Mikroskops zum Erzeugen eines Stereobildes;

15

Fig. 3 eine Vorrichtung zum Erzeugen einer Überlagerung von Bildern in einer einzigen Brennebene gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

- 20 Fig. 4 eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Stereobildes gemäß einem zweiten oder dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

- Fig. 5A und 5B eine Differenz in der Abbildung von LCD-Pixeln für ein synthetisches Bild zwischen dem zweiten und dritten Ausführungsbeispiel
25 in Bezug auf eine Bezugsebene und eine andere Ebene.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein optisches In-situ-Informationssystem, das eine Vielzahl von Informationen (synthetische Objekte) in situ mit dem Sichtfeld eines Betrachters darstellt, der durch ein optisches System blickt, etwa durch ein
30 Mikroskop oder eine andere Art von Betrachtungsvorrichtung mit beliebiger Vergrößerung. Der hier verwendete Begriff "Mikroskop" ist so zu verstehen, dass

er Mikroskope, Binokulare sowie optische Vorrichtungen umfasst, die an Brillen befestigt sind. Der hier verwendete Begriff "synthetische Objekte" ist so zu verstehen, dass die durch die vorliegende Erfindung dargestellte Information mit Hilfe von Computern und Elektronik synthetisiert wird, und dass sie zweidimensionale sowie dreidimensionale Objekte darstellen kann.

10 In einem gängigen Betrieb des Mikroskops tritt Licht von einem Objekt (d.h. einer Informationsquelle) im Objektraum des Mikroskops in das Mikroskopobjektiv ein und tritt durch die Okulare des Mikroskops zur Betrachtung des Objektsbildes aus. In einer Weiterführung dieses Konzepts wird Licht von einer Lichtquelle 105 auf ein Objekt 100 gerichtet. Ein Teil des auf das Objekt 100 gerichteten Lichts wird vom Objekt 100 reflektiert und tritt in ein Mikroskop 110 ein.

15 Das in das Mikroskop 110 eintretende Licht wird von einem Strahlenteiler 120 geteilt, nachdem es durch die Okulare 130 hindurchgetreten ist. Ein Teil der Ausgabe des Strahlenteilers 120 wird auf eine Abbildungsvorrichtung 140 gerichtet, etwa eine elektronische Kamera, wie in Fig. 1 gezeigt. Der andere Teil des vom Strahlenteiler 120 ausgegebenen Lichts wird auf das Auge 160 eines Betrachters gerichtet. Die Abbildungsvorrichtung 140 ist entweder verwendbar, um 20 das Bild an einem Fernsehschirm zu betrachten, oder zur elektronischen Analyse des Bildes.

Für die stereoskopische Betrachtung des Objekts wird das Objekt aus zwei verschiedenen Winkeln abgebildet und durch zwei Okulare betrachtet, um ein 25 Stereobild des Objekts zu erzeugen. Fig. 2 zeigt eine herkömmliche Verwendung eines ersten Mikroskops 210 und eines zweiten Mikroskops 220, welche gemeinsam Stereosignale in einen Fernsehbildschirm 230 einspeisen, um ein Stereobild des Objekts zu erzeugen.

30 Ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung entspricht einem System zum gleichzeitigen Betrachten eines realen Objekts und eines synthetischen Objekts. In dem ersten Ausführungsbeispiel wird Licht von zwei getrennten

Quellen mit Hilfe eines optischen Mischers 310 zusammengeführt, wie in Fig. 3 gezeigt. Die erste Lichtquelle ist ein synthetisches Bild, das von einem Computer 340 erzeugt wird, welcher an eine Flüssigkristallanzeige 350 (Liquid Crystal Display / LCD) ein Videosignal ausgibt, wobei die Flüssigkristallanzeige 350 von einer Lichtquelle 360 beleuchtet wird. Die Ausgabe der Flüssigkristallanzeige 350 wird mit Licht kombiniert, das von dem Objekt 100 über die Objektivlinsen 320 empfangen wird. Die kombinierte Lichtausgabe vom optischen Mischer 310 tritt durch ein Okular 330, welches das Licht derart fokussiert, dass beide Objekte gleichzeitig im Sichtfeld eines Betrachters 160 betrachtbar sind. In Fig. 3 werden das Okular 330 und das Objektiv 320 beide derart dargestellt, dass sie zwei getrennte Linsen umfassen, die zueinander beabstandet sind. Einem einschlägigen Fachmann wird aber selbstverständlich klar sein, dass viele verschiedene Arten von Okularen und Objektiven innerhalb des Geltungsbereichs der Erfindung verwendbar sind.

15

In dem ersten Ausführungsbeispiel entspricht eines der betrachteten Bilder einem Bild eines realen Objekts, während das andere betrachtete Bild einem synthetisch erzeugten Bild oder einem Text entspricht, das, bzw. der durch Elektronik eingespeist wurde, beispielsweise unter Verwendung einer Flüssigkristallanzeige. In dem ersten, zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel wird dadurch eine gleichzeitige Betrachtung eines realen Objekts und eines synthetischen Objekts erreicht. Durch Verwendung der Flüssigkristallanzeige 350 in Verbindung mit einer entsprechenden Lichtmenge, mittels der die Flüssigkristallanzeige von einer Lichtquelle 360 beaufschlagt wird, ist man in der Lage, ein synthetisches Bild deutlich zu sehen, das von einem hellen, realen Bild des Objekts 100 überlagert ist.

30

Um eine stereoskopische Betrachtung zu erreichen, verwendet ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung zwei separate Systeme, eines für das linke und eines für das rechte Auge, wobei die beiden Bilder derart parafookussiert sind, dass es aus Sicht eines Betrachters zu einer Bildüberlagerung in einer einzigen Brennebene kommt. Fig. 4 zeigt ein System entsprechend einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung, in der eine Stereobetrachtung erzielt wird.

- Das zweite Ausführungsbeispiel umfasst einen ersten Computer 410A, der in Ansprechen auf ein "synthetisches Bild für das linke Auge" elektrische Signale ausgibt (z.B. Videosignale) an die Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420A ausgibt. Die Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420A umfasst eine
- 5 Matrixanordnung von LCD-Pixeln sowie Optiken zur Ausgabe des Lichtes von der Pixelanordnung in einer bestimmten Vergrößerung und Helligkeit. Die Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420A empfängt Licht von der Lichtquelle 430A über einen Lichtleiter (oder Kabel) oder ähnliches und gibt ein beleuchtetes, synthetisches Bild an den Strahlenmischer 440A aus.
- 10 Die Beleuchtungseinrichtungen 450A und 450B erzeugen Licht in Richtung eines realen Objekts 490. Die Beleuchtungseinrichtungen lassen sich als Lampen konfigurieren, die Licht über ein breites optisches Spektrum ausgeben. Ein Teil des auf das reale Objekt 490 fallenden Lichts wird in einer Richtung zu den
- 15 Objektiven 460A und 460B reflektiert. Das Objektiv 460A ist eine Objektivlinse, die zum linken Auge eines Betrachters gerichtetes Licht einer Fokussierung unterzieht. Das Objektiv 460B ist eine Objektivlinse, die zum rechten Auge eines Betrachters gerichtetes Licht einer Fokussierung unterzieht.
- 20 Vom Objektiv 460A ausgegebenes Licht wird zum Strahlenmischer 440A gerichtet, wo das "reale Bild" von dem realen Objekt mit dem "synthetischen Bild" kombiniert wird, das von der Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420A stammt. Das kombinierte "synthetische und reale" Licht tritt durch die Okularlinsen 470A und wird auf einem linken Auge 495A des Betrachters fokussiert.
- 25 In gleicher Weise empfängt auch Objektiv 460B reflektiertes Licht, welches auf einen Strahlenmischer 440B fällt. Der zweite Computer 410B erzeugt ein Videosignal für ein "synthetisches Bild für das rechte Auge", welches zur Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420B übertragen wird. Die Flüssigkristall-
- 30 anzeige- und Optikeinheit 420B empfängt zudem Licht von der Lichtquelle 430B über einen Lichtleiter oder ähnliches. Das beleuchtete Synthetikbild von der Flüssigkristallanzeige und Optikeinheit 420B wird an den Strahlenmischer 440B übertragen, wo es mit dem realen Bild kombiniert wird, das dem von dem realen

Objekt empfangenen Licht entspricht. In dem zweiten Ausführungsbeispiel entsprechen die Flüssigkristallanzeigen der Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheit 420A und 420B einer als zweidimensionales Gitter angeordneten Pixelmatrix. Das kombinierte Licht von dem Strahlenmischer 440B tritt durch die
5 Okularlinsen 470B und wird auf einem rechten Auge 495B des Betrachters fokussiert.

Mit der Vorrichtung gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel kann der Betrachter eine Stereodarstellung eines realen Bildes sehen, das mit einem synthetischen
10 Bild überlagert ist. Eine derartige Konfiguration ist in zahlreichen medizinischen Verfahren verwertbar. Beispielsweise kann ein CT-Scan oder ein daraus ausgewählter Teilbereich als synthetisches Bild einem realen Bild überlagert werden, das einem tatsächlichen Patienten entspricht, der in einem Sichtbereich des Systems gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel angeordnet ist.

15

In dem zweiten Ausführungsbeispiel wird eine Kalibrierung derart durchgeführt, dass das synthetische Bild auf einem oder mehreren Pixeln der LCD-Anordnung in den Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheiten abgebildet werden kann. Diese Kalibrierung ist auf unterschiedliche Weise durchführbar, etwa durch Erzeugen
20 eines Testbildes in einem bestimmten Abstand und Winkel in Bezug zum Betrachtungssystem, worauf ermittelt wird, wo das Testbild auf einer X-Y-Anordnung von Flüssigkristallanzeigen erscheint. Auf der Grundlage dieser Information, die in Bezug zu dem Betrachtungssystem in verschiedenen Winkeln erhoben wird, kann ein synthetisches Bild einwandfrei auf einem realen Bild
25 überlagert werden, weil die tatsächliche Position des realen Objekts in Bezug zu dem Betrachtungssystem bekannt ist, und weil bekannt ist, welcher Pixel (oder welche Pixel) der Flüssigkristallanordnung von dem Objekt in dieser Position beleuchtet würden.

30 In dem zweiten Ausführungsbeispiel entspricht eine Bezugsebene der Ebene der Flüssigkristallanordnung von Pixeln, und das synthetische Bild wird ausschließlich anhand der Tatsache ermittelt, wo es auf der Bezugsebene erscheinen würde, ohne eine andere Ebene zu berücksichtigen. Das kombinierte Bild des realen

Bildes und des synthetischen Bildes ist somit nur auf der Bezugsebene für ein reales Objekt gültig und erzeugt möglicherweise keine akzeptable Überlagerung des synthetischen Bildes auf dem realen Bild, wenn sich das reale Objekt nicht auf der Bezugsebene befindet. Das zweite Ausführungsbeispiel erfordert

5 allerdings keine komplexen Berechnungen, und kann für einige Situationen akzeptabel sein, in denen eine genaue Überlagerung nicht erforderlich ist. Wenn jedoch eine genaue Überlagerung erforderlich ist, beispielsweise für einen komplexen chirurgischen Eingriff, ist ein anderes Schema wünschenswert.

- 10 In dieser Hinsicht erzeugt ein drittes Ausführungsbeispiel eine dreidimensionale Überlagerung eines synthetisch erzeugten Bildes über einem dreidimensionalen Bild des realen Objekts. Das dritte Ausführungsbeispiel hat eine Struktur, die dem zweiten Ausführungsbeispiel aus Fig. 4 ähnlich ist. Allerdings stellt der Computer in dem dritten Ausführungsbeispiel die Mittel zum Erzeugen eines dreidimensionalen synthetischen Bildes bereit, das sich über das dreidimensionale reale Bild
- 15 überlagern lässt, und welches realistisch erscheint, wenn das reale Objekt von einem beliebigen Winkel und/oder aus einer beliebigen Distanz betrachtet wird.

- Zuerst werden zwei synthetische Stereobilder (linkes und rechtes Auge) des
- 20 synthetischen Objekts von den Computern 410A und 410B berechnet und dann auf den Flüssigkristallanzeigen 420A und 420B dargestellt, und zwar unter Berücksichtigung der Parameter des optischen Betrachtungssystems. Diese Parameter lassen sich aus einer vorkalibrierten Entsprechung zwischen Punkten im dreidimensionalen Objektraum und Punkten in einer Ebene der Flüssigkristall-
- 25 anzeigen berechnen. Dieses Verfahren wird in Fig. 5A und 5B dargestellt, welche eine Entsprechung zwischen dem realen Objektraum und dem Flüssigkristallanzeigeraum zeigen. Wenn sich das reale Objekt aus einer Bezugsebene 510 zu einer anderen Ebene 520 verschiebt, siehe Fig. 5B (d.h. einen anderen Abstand zum Mikroskop annimmt), wird ein Punkt A' auf der anderen Ebene 520 auf eine
- 30 andere Pixelposition B auf der Referenzebene 510 abgebildet.

In dem zweiten Ausführungsbeispiel wird angenommen, dass das synthetische Objekt ein zweidimensionales Objekt in der Brennebene des Mikroskops ist. In

dem Kalibrierungsprozess des zweiten Ausführungsbeispiels wird daher eine Entsprechung zwischen den Punkten in der Brennebene des Mikroskops und den Punkten in der Flüssigkristallanzeigenebene ermittelt. Wenn das gegebene synthetische Objekt ein dreidimensionales Objekt ist, wird entweder ein Schnitt
5 dieses dreidimensionalen Objekts oder eine kollabierte (zusammenfallende) Projektion dieses dreidimensionalen Objekts in den Flüssigkristallanzeigen angezeigt, um eine Überlagerung in der Brennebene des Mikroskops zu erzeugen.

10 In dem zweiten Ausführungsbeispiel würde der Punkt A' auf der anderen Ebene 520 mit dem Punkt A auf der Bezugsebene 510 zusammenfallen, da das synthetische Bild das reale Bild nur auf zweidimensionale Weise überlagert. Fig. 5A zeigt die Lage eines Pixel A und eines benachbarten Pixel B auf einer Flüssigkristallanzeigenebene, wobei die Flüssigkristallanzeigenebene eine Vielzahl
15 von (nicht gezeigten) Flüssigkristallanzeigen umfasst, die in einer Matrix angeordnet sind. Der Schnittpunkt der Strich- und Punktlinien in Fig. 5B entspricht einer Lage des Betrachtungssystems in Bezug zur Bezugsebene 510 und der anderen Ebene 520.

20 Wenn sich das reale Objekt auf der Bezugsebene befindet, dann entspricht das von dem System gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel beleuchtete Pixel dem Pixel, der durch das System gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel beleuchtet wird. Wenn allerdings das Objekt um einen bestimmten Abstand zur Bezugsebene versetzt wird (d.h. entweder näher oder weiter zum Mikroskop entfernt),
25 dann wäre das von der zweiten Ausführungsbeispiel beleuchtete Pixel ein anderer als der von dem dritten Ausführungsbeispiel, wie in Fig. 5B gezeigt. Die Flüssigkristallanzeigenanordnung ist derart konfiguriert, dass das synthetische Bild in einem bestimmten Abstand in Bezug zum Mikroskop erscheint, wobei dieser bestimmte Abstand der Bezugsebene entspricht.

30

In dem dritten Ausführungsbeispiel werden die Mittel zum Bestimmen der Zuordnung eines dreidimensionalen realen Raums zu einer zweidimensionalen Anordnung von Pixeln einer Flüssigkristallanzeige vorzugsweise vorher durch

Kalibrierung vorgenommen, und zwar auf der Grundlage realer Bilder, die von einem realen Testobjekt empfangen wurden, und unter Berücksichtigung des Abstandes und Winkels des Betrachtungssystems in Bezug zum realen Testobjekt. Zur gleichen Zeit ermitteln die Computer 410A und 410B für das X-Y-Gitter von Flüssigkristallanzeige-Pixeln auf den Flüssigkristallanzeigen 420A und 420B, wo das reale Objekt erscheinen würde (d.h. welches Pixel in der Flüssigkristallanzeige-Anordnung beleuchtet werden muss), um ein entsprechendes dreidimensionales synthetisches Bild zu erzeugen, mit dem das dreidimensionale reale Bild des Objekts 490 überlagert werden kann.

10

Das dem dritten Ausführungsbeispiel entsprechende System berücksichtigt die Tiefe und den Winkel des Betrachtungssystems, wobei das dem zweiten Ausführungsbeispiel entsprechende System das synthetische Bild auf einer einzigen Ebene (Bezugsebene) zusammenführt. In dem dritten Ausführungsbeispiel entspricht also der X-, Y-, Z-Objektraum einer bestimmten Pixel-Adresse (X_L , Y_L -Koordinate) auf der linken LCD-Anordnung und einer bestimmten Pixel-Adresse (X_R , Y_R -Koordinate) auf der rechten LCD-Anordnung. Das dritte Ausführungsbeispiel sieht eine dreidimensionale Abbildung auf den nutzbaren Raum vor, während das zweite Ausführungsbeispiel eine zweidimensionale Abbildung des synthetischen Bildes auf den nutzbaren Raum vorsieht. In dem dritten Ausführungsbeispiel ist die Position der Flüssigkristallanzeige in Bezug zur Optik in den Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheiten 420A und 420B derart einstellbar, dass Licht von der Flüssigkristallanzeige (welches verwendet wird, um das synthetische Bild zu erzeugen) derart erscheint, dass es von einer geeigneten Ebene in dem realen Objekt kommt (etwa in der Mitte des realen Objekts oder auf einer anderen Ebene, welche in dem dritten Ausführungsbeispiel durch den Benutzer einstellbar ist). Das System sieht somit eine komfortablere Betrachtung der Überlagerung des synthetischen Bildes mit dem realen Bild vor.

30 In dem zweiten und dritten Ausführungsbeispiel sind die Okulare auch derart einstellbar, dass Licht derart erscheint, als wäre es um einen bestimmten Abstand entfernt und nicht notwendigerweise um einen "unendlichen" Abstand. Es lässt sich somit eine realistische dreidimensionale Betrachtung eines Objekts

zusammen mit einem dreidimensionalen synthetischen Bild erzielen, wobei der Betrachter den Abstand und den Winkel förmlich "spürt", in dem er sich in Bezug zu dem Objekt befindet.

- 5 In dem dritten Ausführungsbeispiel wird das synthetische Bild, so wie es von dem menschlichen Auge wahrgenommen wird, dem Bild des realen Objekts im nutzbaren dreidimensionalen Raum überlagert, also nicht nur in einer einzigen Brennebene, wie in dem zweiten Ausführungsbeispiel.
- 10 Zum Erzeugen synthetischer Stereobildpaare lassen sich Flüssigkristallanzeigen oder andere vergleichbare Mittel verwenden. Hierbei ist zu beachten, dass Röhrenbildschirme normalerweise nicht die Lichtmenge und Auflösung erreichen, die erforderlich ist, um ein reales, helles Bild mit einem synthetischen Bild zu überlagern. Daher werden Flüssigkristallanzeigen in jedem der hier beschriebenen
- 15 Ausführungsbeispiele bevorzugt. In jedem der Ausführungsbeispiele werden Lichtleiter verwendet, um eine Lichtführung zwischen der Lichtquelle und den Flüssigkristallanzeigen herzustellen, wodurch es möglich ist, eine starke Lichtquelle abgesetzt anzuordnen. Die vorliegende Erfindung kann zudem
- 20 Abbildungsmittel zum Abbilden der entfernten Spitze des Lichtleiters an der Eintrittspupille des Okularsystems umfassen, um eine ausreichende Koppelung zwischen Licht und Auge zu ermöglichen. Die vorliegende Erfindung kann Einstellmittel zum Einstellen der Flüssigkristallanzeigen-Beleuchtungsstärke umfassen, derart, dass die Helligkeit zwischen linker und rechter Flüssigkristall-
- 25 anzeigen ausgeglichen ist. Die Lichteinstellmittel können in den Lichtquellen implementiert sein, die den Flüssigkristallanzeigen Licht zuführen. Für die einwandfreie Lichteinstellung kann ein allgemeiner Helligkeitswert auf das beleuchtete Sichtfeld des Mikroskops abgestimmt werden.
- 30 In dem zweiten Ausführungsbeispiel sind das linke und rechte synthetische Bild auf eine gemeinsame Bezugsebene parafoкусiert, während in dem dritten Ausführungsbeispiel das linke und rechte synthetische Bild auf eine optimale Bezugsebene in dem realen Objektraum parafoкусiert sind. Die Vergrößerung des linken und rechten synthetischen Bildes lässt sich über Abstimmungsmittel für das

linke und rechte Bild aufeinander abstimmen. Die Vergrößerung der LCD-Anzeige ist ebenfalls über die Optik abstimmbare, die in den Flüssigkristallanzeige- und Optikeinheiten vorgesehen sind, um das von den Anzeigebildern abzudeckende Okularsichtfeld abzustimmen.

5

Die vorliegende Erfindung ermöglicht die Berechnung von Stereoansichten anhand eines Datenbestands mit folgenden Angaben: i) dem synthetischen, dreidimensionalen Objekt und ii) der vorkalibrierten Entsprechung zwischen dem dreidimensionalen Raum und den Punkten in der Ebene der Flüssigkristall-
10 anzeigen. Der Datenbestand ist vorzugsweise in einem Speicher gespeichert, der über einen Computer zugänglich ist. Der Computer ist vorzugsweise mit einer eingebetteten Software zur Durchführung der zuvor genannten Berechnung der Stereoansichten ausgestattet. Um zu bestimmen, welcher Pixel in einer X-Y-Anordnung von Pixeln in Hinsicht auf einen bestimmten Winkel und Abstand des
15 Betrachtungssystems in Bezug zum realen Objekt zu beleuchten ist, ist eine Transformationsmatrix verwendbar.

Die Erfindung ermöglicht das Einstellen des Kontrasts der von den Flüssigkristallanzeigen erzeugten Bilder (d.h. bedarfsweise entweder eine hellere oder dunklere
20 Einstellung), basierend auf der Helligkeit des realen Bildes von dem realen Objekt.

Die Erfindung ist zudem mit X-, Y- und Theta-Einstellmitteln konfigurierbar, um X-, Y- und Theta-Einstellungen durchzuführen, derart, dass die Überlagerung der Ansichten für das linke und rechte Auge von den synthetischen Bildern innerhalb
25 des Sichtfeldes des Okulars einstellbar ist (d.h. Vergrößern oder Verkleinern des synthetischen Bildes, das das reale Bild überlagert).

Die Erfindung kann zudem Mittel zum Messen der Systemparameter umfassen, die erforderlich sind, um das linke und rechte Bild zu überlagern.

30

Die Parameter des Variolinsen umfassenden optischen Systems sind zudem dynamisch messbar, um die Überlagerung der synthetischen Bilder in dem Sichtfeld dynamisch zu erhalten.

- 5 Die vorliegende Erfindung kann zudem dynamische Messmittel zum dynamischen Messen der Parameter des optischen Systems umfassen, um die Überlagerung der synthetischen Bilder in dem Sichtfeld dynamisch zu erhalten.

- 10 Obwohl die Erfindung mit besonderem Bezug auf bevorzugte Ausführungsbeispiele beschrieben wurde, ist die Erfindung nicht darauf beschränkt, sondern es können innerhalb des Schutzbereichs der nachstehenden Ansprüche Änderungen und Abwandlungen vorgenommen werden. Beispielsweise hat die vorliegende Erfindung zahlreiche Anwendungen, u.a. die bildgeführte Chirurgie, die bildgeführte Therapie, die bildgeführte Diagnostik, die Telechirurgie, die
- 15 robotische Chirurgie und ein Inspektionssystem zum Vergleichen realer Objekte mit ihren dreidimensionalen Bezugsprofilen.

1008005

15

28.06.01

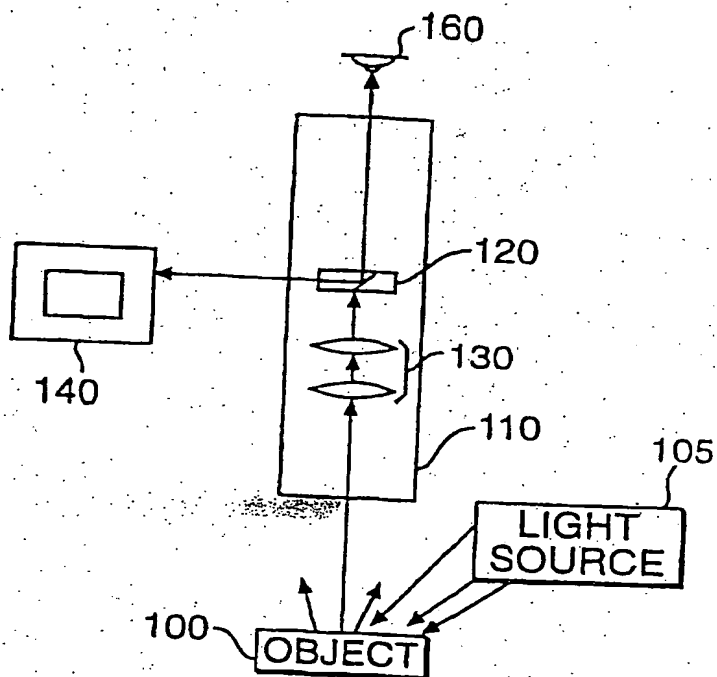
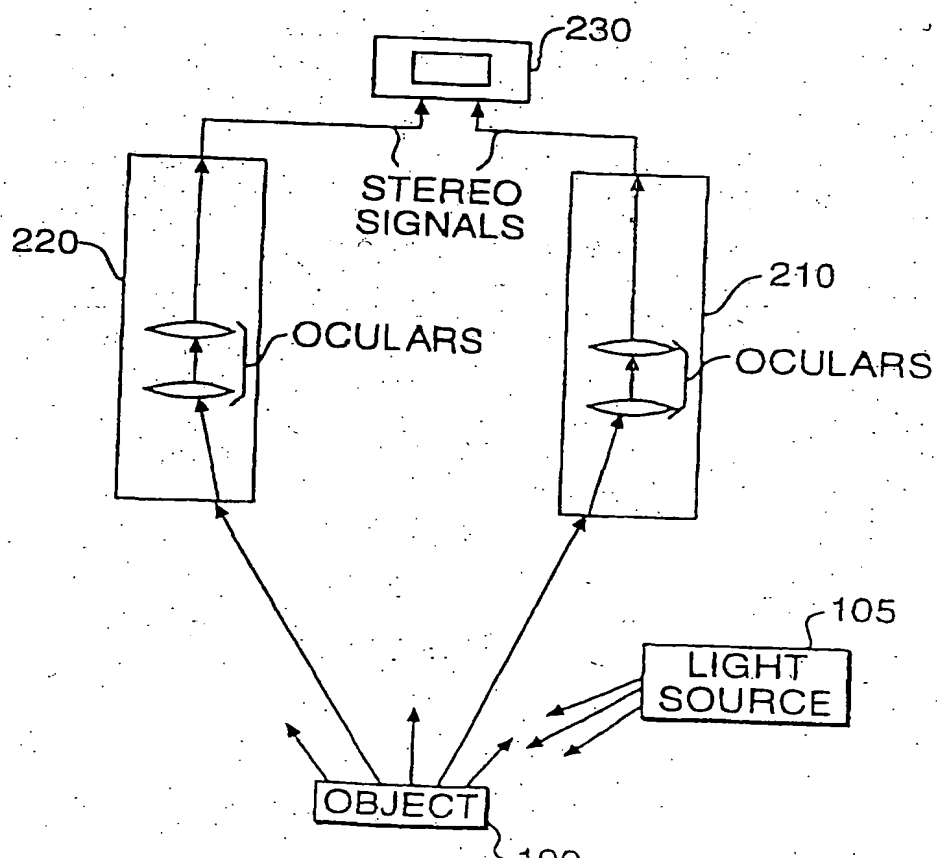
Ansprüche

1. Vorrichtung zum stereoskopischen Betrachten eines realen Objekts und eines synthetischen Objekts, wobei die Vorrichtung eine Beleuchtungseinrichtung (450A, 450B) zum Beleuchten eines realen Objekts (490) umfasst, erste und zweite Objektivlinsen (460A, 460B) zum Empfangen des von dem realen Objekt reflektierten Lichts, einen Computer (410A, 410B) zum Erzeugen eines synthetischen Stereobildes für das linke und rechte Auge und zum Ausgeben eines entsprechenden ersten bzw. zweiten Videosignals, weiterhin eine erste und eine zweite Flüssigkristallanzeige (420A, 420B) zum Empfangen des ersten bzw. zweiten Videosignals und zum Erzeugen eines ersten und zweiten synthetischen Bildes, einen ersten Mischer (440A) zum Kombinieren des ersten synthetischen Bildes mit dem von der ersten Objektivlinse empfangenen Licht als ein erstes kombiniertes Signal, einen zweiten Mischer (440B) zum Kombinieren des zweiten synthetischen Bildes mit dem von der zweiten Objektivlinse empfangenen Licht als ein zweites kombiniertes Signal, und erste und zweite Okulare (470A, 470B) zum Empfangen eines ersten bzw. zweiten kombinierten Signals und zum Richten des ersten und zweiten kombinierten Signals zu einem linken Auge (495A) bzw. zu einem rechten Auge (495B) eines Betrachters, so dass eine Stereoansicht entsteht, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung folgendes umfasst:

eine Lichtquelle (430A, 430B) zur Ausgabe von Licht, und
mindestens einen Lichtleiter zum Beaufschlagen der ersten und zweiten Flüssigkristallanzeige mit dem von der Lichtquelle ausgegebenen Licht, wobei der Lichtleiter das Licht den Flüssigkristallanzeigen zum Erzeugen der Stereobilder für das linke und rechte Auge bereitstellt.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Lichteinstellmittel zum Verändern der Helligkeit der Lichtausgabe von der Lichtquelle, derart, dass die Helligkeit der synthetischen Stereobilder für das linke und das rechte Auge veränderlich ist.

1004005

1 / 4

FIG. 1**FIG. 2**

2000.01

2 / 4

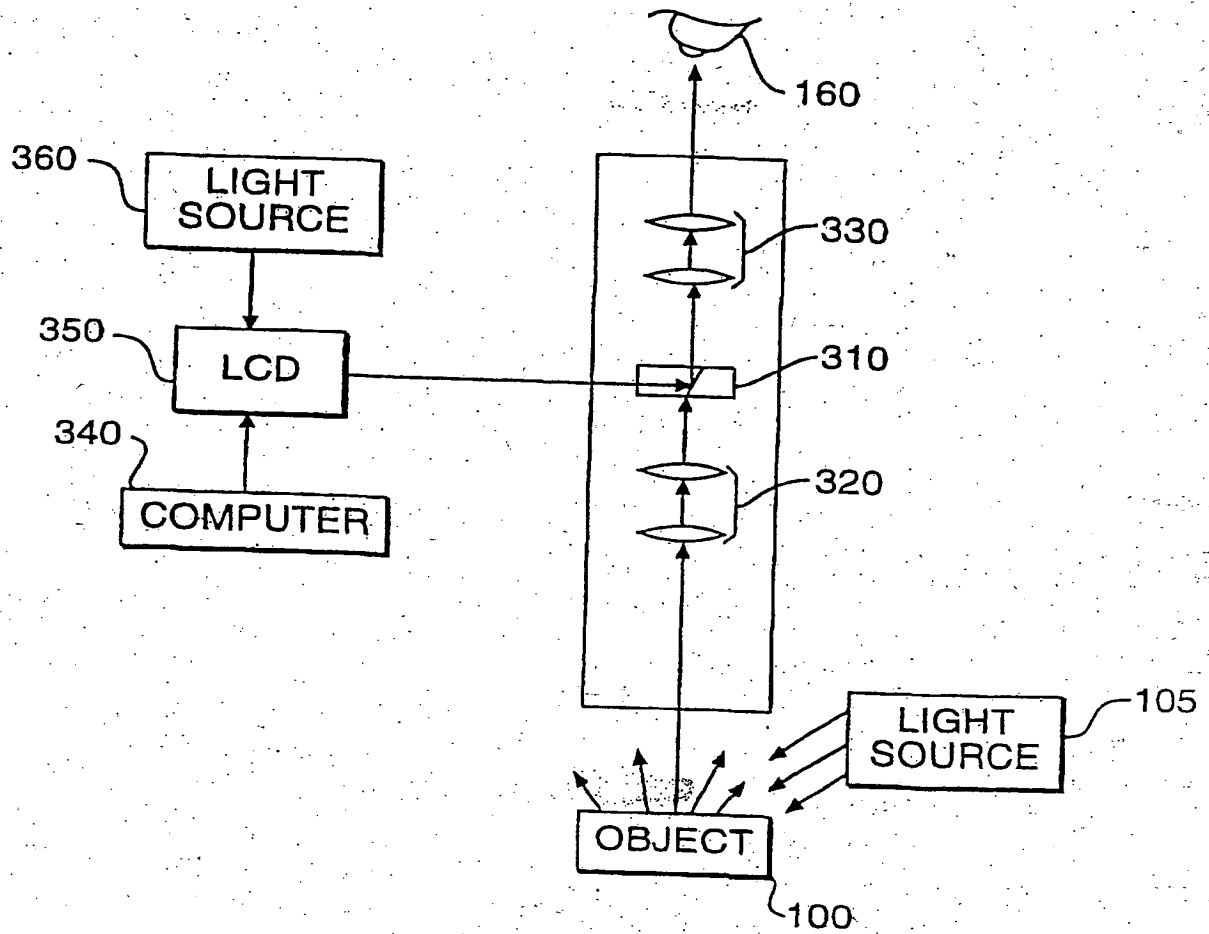


FIG. 3

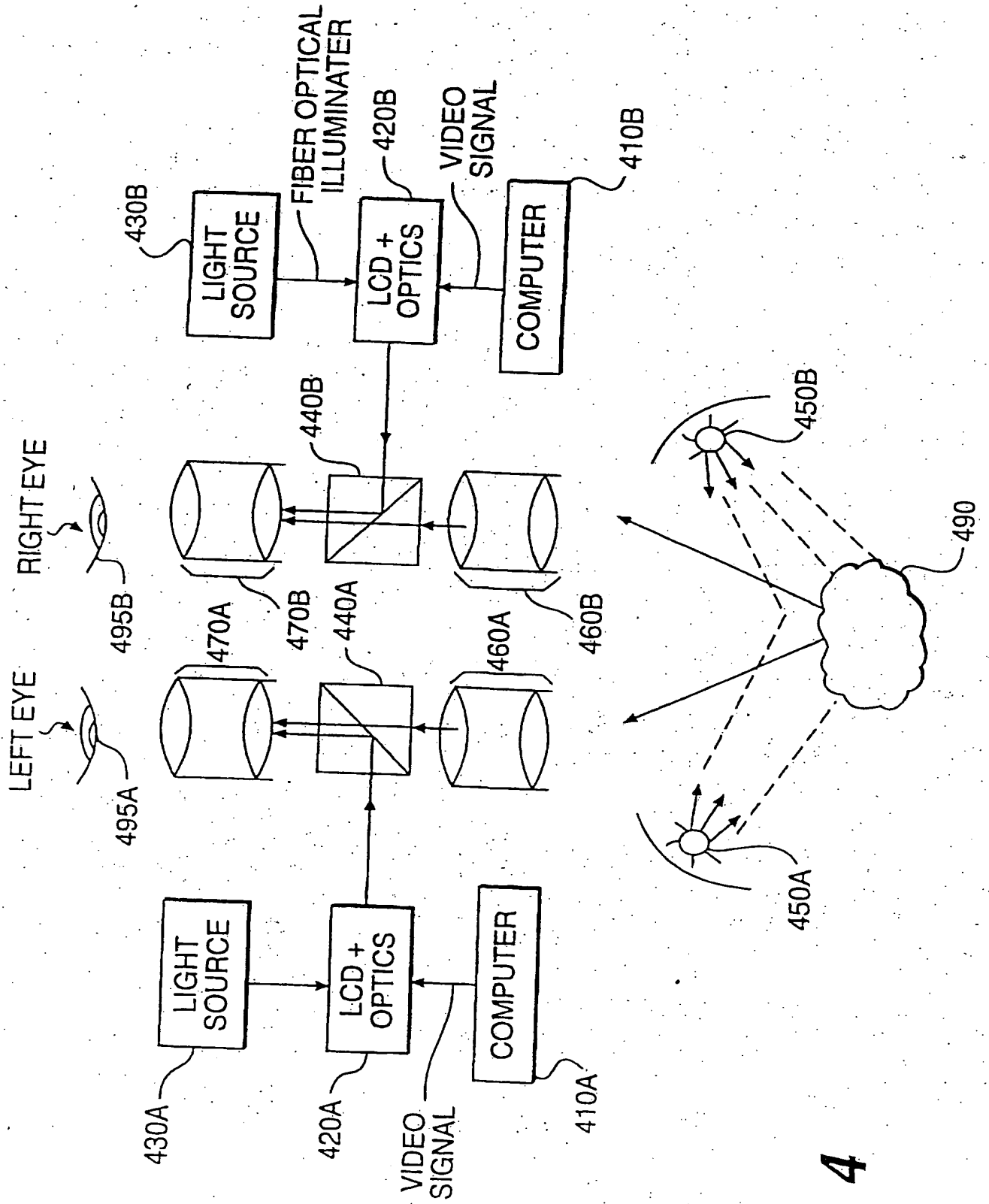


FIG. 4

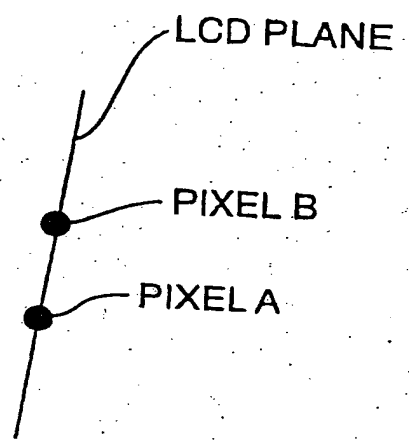


FIG. 5A

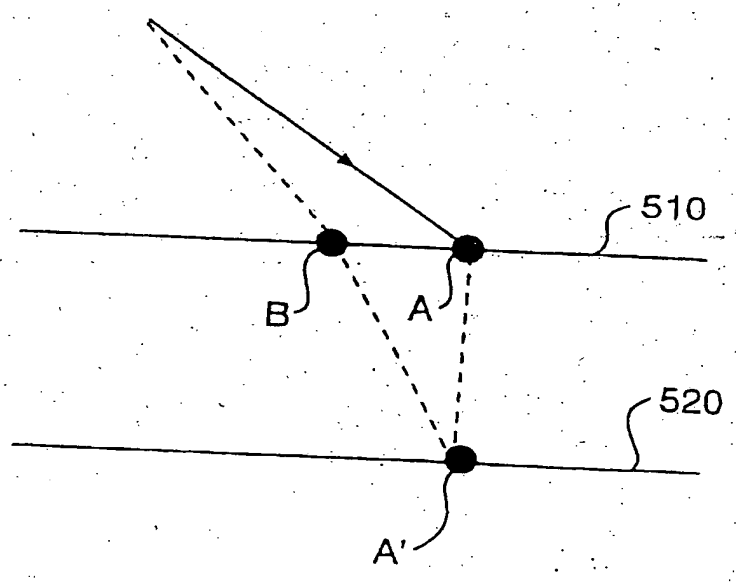


FIG. 5B